心理科学进展 2023, Vol. 31, No. 8, 1411–1428
Advances in Psychological Science

https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2023.01411

·研究构想(Conceptual Framework)·

智能制造师徒关系理论构建及对团队双元创新的驱动机制*

高中华[1] 徐 燕[2]

([1]中国社会科学院工业经济研究所, 北京 100006) ([2]首都经济贸易大学工商管理学院, 北京 100070)

摘 要 智能制造正逐渐成为制造业企业在数字经济时代获得竞争优势的新方向, 企业创新则成为制造业推动数智化转型、实现高质量发展的重要途径。然而, 当前关于智能制造以及数智化转型的企业管理研究中, 学者们多聚焦于技术构成、商业模式等宏观层次议题, 缺乏从企业内部社会关系网络视角开展创新的激发过程研究。基于此, 本研究在智能制造情境中构建新型师徒关系理论, 为企业从微观视角激发团队双元创新提供了新的切入点。基于多重团队过程模型, 本研究探讨了智能制造师徒关系通过塑造团队转化和行动两个不同过程激发团队渐进式创新和突破式创新的具体路径, 同时基于人际和人智两个过程分析智能制造情境中团队双元创新激发过程的边界条件。本研究不仅为智能制造情境中的人才培养与管理提供理论思路, 且从微观层次丰富学界对智能制造情境中企业创新驱动机制的认识。

关键词 智能制造师徒关系, 团队双元创新, 团队过程模型
分类号 B849: C93

1 问题提出

二十大报告中明确指出, 建设现代化产业体系, 要坚持把发展经济的着力点放在实体经济上, 推进新型工业化, 加快建设制造强国、质量强国、数字中国。在当前国家高度重视高质量发展的战略背景下, 我国制造业的发展方式发生了根本变化, 实现了从依靠效率的“量驱动”到依靠质量的“质驱动”的深刻转变。云计算、大数据、人工智能和工业互联网等数字化技术的快速发展为传统制造业转型升级奠定了技术基础。智能制造成为我国从制造业大国向制造业强国迈进的必然趋势和重要方向。为了推进中国制造业向智能制造转变, 企业需要打造更加便捷和更具创造性的人才培养模式(张远, 李焕杰, 2022)。

在智能制造企业中, 数字化技术的发展给组织模式和工作内容带来了结构性变化。工作过程中员工之间可以通过数字化技术进行交流、合作和协作(Shehadeh et al., 2017), 这对员工的能力和角色产生了新要求(Crnjac et al., 2017), 尤其是具有数字能力和创新能力的复合型人才。师徒制广泛流行于传统制造业情境之中, 是企业内部通用的、主要的人才培养方式, 是技艺在传承基础上得以发扬的重要载体。在当今制造业面临转型升级的发展需求下, 已有的师徒关系人才培养模式缺乏系统性和高效性, 不仅无法适应数字化技术带来的工作挑战, 且无法有效地满足智能制造对人才能力的新需求。尽管一些学者顺应时代发展, 在师徒互动中引入了电子化手段并提出电子师徒关系的概念, 试图推进传统师徒关系的研究进展(Ensher & Murphy, 2007)。然而电子师徒关系主要表现为使用在线或远程工具来促进或补充指导关系(Ensher et al., 2003), 师徒关系的内涵并未跟随时代特点得到更新和发展。据此, 我们亟需进一步探

收稿日期: 2022-11-10
* 国家自然科学基金面上项目(72272148); 北京社科基金青年学术带头人项目(21DTR053); 教育部人文社科规划项目(21YJA630018); 国家自然科学基金重点项目(72132009)。
通信作者: 徐燕, E-mail: 1214730775@qq.com

索适应智能制造情境的新型师徒关系理论内涵。

智能制造为新型师徒关系的构建带来必要性，同时提供了可能性。人工智能等数字化技术不仅改变了师徒两者之间的互动方式，而且增加了人与智能技术之间的交互(Wynne & Lyons, 2018; 何贵兵 等, 2022)。也就是说，在智能制造情境中，基于智能平台的多方互动关系已经逐步取代了仅限于师傅与徒弟双方的人际互动关系。智能平台、即时通信等数字化技术的运用促进了师傅徒弟间的交流、合作，为智能制造车间、流水线、班组等不同形式的团队构建具有社会关系网络结构的新型师徒关系提供了支撑(边燕杰, 丘海雄, 2000; Shehadeh et al., 2017)。因此，智能制造情境中新型师徒关系是基于智能平台，由团队内双方、三方、一对多以及多对多等多种人际互动过程而形成的人际关系网络。

对于大多数“To C”的智能制造企业，实现高质量发展的关键在于激发组织内团队创新，以便能够及时地满足日益动态化、多样化的市场需求。在智能制造情境中，企业往往采用个性化定制的生产模式，以用户个性化需求为主导，形成再生产的逆向“拉式”模式(张明超 等, 2021)。基于智能制造情境的团队师徒关系网络能够从内部过程视角提升团队有效性，促进团队员工创新潜力的激发与释放。研究表明，经验丰富的师傅能够对经验欠缺的员工提供针对性的指导(Bang & Reio, 2017)，这一师徒间的经验交流过程能够对专业知识进行不断整合、优化与升级(Curtis & Taylor, 2018)，是促进组织和个体创新的有效途径(Hu et al., 2020)。进一步地，基于当前管理实践的需要和理论文献的证据，本研究旨在以智能制造情境中的团队师徒关系网络作为切入点，从微观视角揭示企业应如何有效地激发团队双元创新，以帮助企业成功跨越数智化转型的“最后一公里”。

本研究以团队过程分类模型(Transition-Action-Interpersonal, 以下简称 TAR)为研究视角，系统探究智能制造师徒关系如何激发团队双元创新这一关键问题，该理论是揭示团队投入通过团队过程转化为团队产出具体路径机制的重要框架。该理论指出团队成员间通过转化过程、行动过程和人际过程来实现最终团队任务和目标，其中转化过程和行动过程与目标的完成紧密相关，而人际过程贯穿于团队整个过程之中，为另外两个过程提供了重要保障(Marks et al., 2001; Mathieu et al., 2017)。本研究认为人际过程可以作为智能制造师徒关系通过转化过程和行动过程对团队双元创新产生影响的边界条件。此外，随着数智化转型的推进，大数据、人工智能等技术在工作场所日益普及，人与智能的互动关系也逐渐成为人们日常工作的一部分(何贵兵 等, 2022)。显而易见，传统 TAR 模型中三个过程均无法体现出智能制造情境中人与智能之间的互动过程。据此，本研究将在 TAR 模型三个过程的基础上增加反映团队成员与智能技术互动的人智过程，并以之作为智能制造师徒关系对团队双元创新产生影响的另一边界条件，来揭示智能制造师徒关系通过转化过程、行动过程对团队双元创新的影响机制及其边界条件。

基于上述考虑，本研究旨在围绕“智能制造情境中的师徒关系如何形成以及如何对团队双元创新产生影响”这一核心研究问题，深入探索智能制造师徒关系的概念内涵，并基于 TAR 模型中的转化过程和行动过程分别构建链式中介，揭示智能制造情境中团队师徒关系网络对团队双元创新的双重路径。最后，以人际过程和人智过程作为调节变量探索智能制造师徒关系双重路径的边界条件，为发展系统性的智能制造师徒关系理论框架奠定基础，同时也为组织人才培养模式与团队创新激发提供一定参考借鉴。

2 研究现状与述评

2.1 师徒关系的概念发展

在师徒关系的现有文献中，学者们分别从人际关系(Hunt & Michael, 1983; Kram, 1985)、知识传递(Seibert, 1999; van Emmerik et al., 2005)、师徒匹配(韩翼, 杨百寅, 2012)以及电子师徒(Ensher et al., 2007)等独特视角对师徒关系的内涵进行了不同界定。尽管定义存在些许差异，但都反映了传统师徒关系具有的一些共同特征：(1)被动性，传统师徒关系表现为师傅在生产实践中的教学，其核心是师傅以言传身教的形式将自身经验、知识、技能等隐性知识传递给徒弟(Hunt & Michael, 1983; Kram, 1985)，徒弟只能被动接受师傅的教导内容；(2)二元性，传统师徒关系遵循从师傅到徒弟的单向指导或传承形式，往往是师傅与徒弟两者之间的互动关系(韩翼, 杨百寅, 2012); (3)专一性，

传统师徒关系中的师傅往往擅长某一领域的技能，徒弟则在该领域相对经验欠缺(韩翼 等, 2013)。师徒双方传授角色相对单一固定，即师傅为徒弟提供职业规划和心理支持，并致力于帮助徒弟在复杂的工作环境中获得职业成功。

此外，目前研究者普遍应用 Scandura (1992) 师徒关系的三维度结构，包含社会支持、职业指导以及角色模范三个方面。其中社会支持维度是指师傅通过提供咨询建议，例如劝告、社交等，获得徒弟的信赖，帮助徒弟建立一种身份认同感、胜任力和效力；职业指导维度强调师傅给徒弟提供的工作指导，例如保护、挑战性工作委派与指导等，从而促使徒弟的职业生涯进步；角色模范维度是指师傅作为徒弟想要模仿的榜样，过去的成功经历与事迹激励着徒弟(Scandura, 1997)。在师徒关系三维模型的基础上，现有关于师徒关系的实证研究大多数采用 Scandura 和 Ragins (1993) 的量表，以徒弟自评的方式开展测量。综合以往研究发现，传统师徒关系的内涵包含了师徒关系的参与者(经验丰富的师傅和经验欠缺的徒弟)、师徒关系的实施形式(在生产实践过程中师傅的单向指导或传承)、师徒关系的内容(社会支持、职业指导以及角色楷模)。然而，该模型仍存在一定的缺陷。一是它无法体现当今智能制造背景下师徒关系的本质，二是它主要从徒弟视角进行测量。尽管已有量表为研究师徒关系提供了证据支持(叶龙 等, 2020)，但尚未结合智能制造情境中员工在工作内容、方式、资源、要求等方面需要应对的挑战去更新师徒关系的内涵。

随着企业智能制造的推广，内部团队和社会关系的对象特征和表现形式也会随之发生变化。智能制造下的团队由团队成员与智能技术共同组成，且团队成员通过云计算、大数据、人工智能和工业互联网等数字化技术进行交流整合和互动反馈(Shehadeh et al., 2017)。智能平台、即时通信等数字化手段的运用为构建新型师徒关系提供了技术支撑，虽然前人学者提出了电子师徒关系的概念(Ensher et al., 2003)，但尚未围绕师徒关系的参与对象、传授形式、指导内容等方面与传统师徒关系进行区别和更新，也未能开发相应的测量工具与评价方式，因此鲜有研究可供后人参考借鉴并引用。据此，我们亟需跟随时代发展重新界定并开发智能制造师徒关系的理论内涵及其测量方式。

2.2　智能制造师徒关系与团队创新行为的影响机制

以往研究广泛探讨了师徒关系对师傅和徒弟个体心理与行为产生的影响，并尝试揭示其背后的不同驱动机制(Wanberg et al., 2013)。其中，研究发现师徒关系会对徒弟的任务绩效或周边绩效产生积极影响(王凯, 韩翼, 2018)，已有学者证实师徒关系会促进徒弟的创新绩效(李进生 等, 2021; 魏翔宇, 于广涛, 2021)。然而，仅有少数研究关注了师徒关系对徒弟个体创新的影响，缺少从团队层面探究师徒关系对创新的激发。近年来，个别学者开始将师徒关系的作用视角转移到团队层面，研究发现师徒关系会改善团队过程质量，对团队产生内在和外在影响(曾颢, 赵曙明, 2017; 陈诚 等, 2015)。其中内在影响表现为师徒双方的经常性交流能够提高双方的心理满意度和组织认同感，从而提升团队的凝聚力、领导力，促进团队内交流互动和学习型氛围的建立(孙玺 等, 2013)。外在影响包括师徒关系促使师傅与徒弟之间形成比较稳固的关系，使团队的合作氛围得到改善，进而促进团队目标的实现、高效团队的建立、组织文化的提升，以及组织社会化和员工留职等(Chao, 1992; 陈诚 等, 2015)。因此，已有师徒关系的影响机制研究仍停留在个人心理和行为层面，但智能制造情境中的团队师徒关系，“多对多”的人际网络关系可能会影响到团队绩效、团队创新等，对于团队层面创新绩效的影响需得到研究者的重视，其中介理论机制也有待于学者们进一步挖掘。

随着智能制造时代的到来，创新能力的挖掘和提升已成为企业获取竞争优势的关键。基于此，对激发企业创新的影响因素及内在机制的探究变得尤为重要。已有研究结果表明，团队的各种过程对团队创新具有促进作用(Guzzo & Shea, 1992)。基于团队输入−过程−输出模型(Input-Process-Output, 简称 IPO 模型)和团队 TAR 模型对影响团队创新的前因变量进行了梳理。其中，在团队的输入变量上，由关于成员特质、领导力的探讨逐渐转移到特征情境因素上。一方面，成员特质是指员工个体心理特质的综合体，包括责任心、主动性人格等(Lee et al., 2018; Xu et al., 2019)。另一方面，在领导力与团队创新的相关研究中，如变革型领导(Hülsheger et al., 2009)、道德型领导

(Chen & Hou, 2016)、家长式领导(晋琳琳, 2016)、时间领导(卫武, 赵鹤, 2018)等都已被证明对团队创新有积极影响。相对来说, 近年来学者们也以特征情境因素作为前因变量对团队创新的影响机制进行了探讨, 但关注较多的情境因素包括差错管理氛围(杜鹏程 等, 2015)、创新氛围(Xie et al., 2018)等, 并没有体现企业在数智化转型过程中塑造的团队关系情境, 还有待学者们进一步挖掘。

此外, 在对团队创新产生影响的团队过程研究中, 转化过程中的团队自省是团队创新的重要驱动因素, 主要包括团队反思和失败学习等。其中团队反思在团队输入与创新之间起中介作用(袁庆宏 等, 2015; 姚柱 等, 2020), 失败学习显著提升团队创新绩效(陈驰茵, 唐宁玉, 2017)。同时, 行动过程中的知识管理对激发团队创新也尤为重要, 包括知识共享和知识整合等。如宋萌等人(2017)发现领导跨界行为通过团队成员知识分享质量对团队创新产生正向影响, Jin 和 Shao (2022)证实知识整合在科研团队网络力量与团队突破式创新之间起中介作用。最后, 人际过程是转化和行动过程有效开展的重要保障, 包括信任和冲突等。学者指出在虚拟团队中, 信任对团队创新绩效发挥着重要的作用(Germain, 2014; Alsharo et al., 2017)。另外, 在冲突管理中, 关系冲突在过往绩效与创新行为的影响间起部分中介作用(Nifadkar & Bauer, 2016; 孙继伟, 李晓琳, 2018), 地位冲突对团队创新起着“两面性”作用(刘智强 等, 2019)。据此, 跟随智能制造企业的发展, 应进一步探究师徒关系与团队创新之间的过程机制。

2.3 对现有研究的评述

从上述文献回顾可以看出, 师徒关系概念自提出以来得到了学者们的广泛重视, 现有研究围绕师徒关系开展了一系列理论和实证的工作。综合上文对于师徒关系概念内涵、结果变量与团队创新前因变量的梳理, 本研究认为以下三个方面仍有进一步发展的空间。

首先, 传统师徒关系难以应对智能制造情境中数字技术广泛应用带来的挑战。新一轮信息技术发展成为师徒关系的“催化剂”, 在企业智能制造实践过程中, 组织特征、工作方式与内容、人与技术的关系、线上线下的协作等方面均呈现出一系列的新变化(罗文豪, 王尧, 2022)。然而, 传统师徒关系的底层逻辑和研究范式还停留于传统制造业情境中, 强调师傅到徒弟的单向传承, 表现为师徒双方的人际互动, 无法应对智能制造带来的诸多变化(Ragins & McFarlin, 1990)。在此概念内涵上, Scandura (1992)将师徒关系化为社会心理、职业生涯以及角色模范三个维度, 相关的实证研究也多以上述三维度或部分内容作为测量工具, 视角也局限于从徒弟角度的测量评价(韩翼, 杨百寅, 2012)。上述师徒关系的理论界定和测量内容具有一定的普适性, 但与企业智能制造转型升级的诉求脱轨, 难以在智能制造情境中发挥对企业创新人才的培育作用, 存在情境应用上的局限性。因此, 有必要在智能制造情境下去重新梳理、更新和拓展师徒关系的内涵并开发测量工具。

其次, 现有对师徒关系影响的研究层次较为单一, 大多局限于师徒个体层面。围绕师徒关系的作用机制和后果, 学者们分别从师傅和徒弟的不同角度切入进行了不少的研究。然而, 当前研究大多数倾向在个体层次(师傅或徒弟)上进行师徒关系影响研究, 较少开展团队层次的调研(陈诚 等, 2015)。特别是, 当团队整体处于智能制造情境中时, 师徒之间信息和资源交换的形式复杂, 遍布于在智能平台上由双方、三方、一对多以及多对多等多种互动形成的师徒人际关系网络, 多体现在团队集体层面。因此, 传统师徒关系已无法匹配当今企业数智化转型的发展需求, 无法反映基于数智化技术形成的师傅、徒弟、智能平台的多方互动网络, 据此应将师徒关系的研究层面从个体扩散到团队。

最后, 智能制造师徒关系在团队层面的双元创新过程机制与情境条件尚不清楚。目前智能制造情境中企业创新的相关研究主要集中于组织层次, 如何从微观层次激发团队及员工创新这一问题还未得到很好的回答。如前文所述, 已有研究已经发现智能制造企业创新的重要性(Büchi et al., 2020; Raj et al., 2019; 陈金亮 等, 2021)。在智能制造企业创新的影响因素中, 针对企业技术创新、战略创新与商业模式创新等宏观层面的战略环境探讨都得到了学者们的研究(Hameed et al., 2021), 然而, 现有研究对师徒关系、团队创新等微观话题却鲜有关注。此外, 在团队层次上, 团队过程变量也是影响团队双元创新的关键要素(刘智强 等, 2019; Nifadkar & Bauer, 2016)。智能制造师徒关系如何影响团队的不同过程以促进团队双

元创新的产生, 智能制造师徒关系与团队其他过程(如人际过程等)是否会产生交互作用, 这些问题在当前的研究中都未能得到明确和充分的回答。

3 研究构想

本研究主要关注智能制造师徒关系这一核心概念, 依据多重团队 TAR 模型, 探讨智能制造师徒关系影响团队双元创新的过程机制及其边界作用(如图 1 所示)。具体而言, 可分解为如下三个目标: 一是通过现场访谈、问卷调查、社会网络分析等方法和手段, 拓展智能制造师徒关系概念内涵并开发相应的测量工具; 二是通过对经历智能转型的制造业企业开展实地调研以及数据收集, 从团队层次考察智能制造师徒关系通过团队转化过程、团队行动过程影响团队双元创新的内在驱动机制; 三是以团队人智过程、团队人际过程为调节变量, 探讨智能制造师徒关系激发团队双元创新双重路径机制的边界条件。

3.1 研究 1: 智能制造师徒关系的概念拓展与量表开发

3.1.1 智能制造师徒关系的概念特征

通过文献梳理发现, 传统师徒关系的概念延续至今面临着情境性不足的问题。如今的数字经济时代给企业的工作方式与内容等方面带来了变化和挑战, 同时个性化、动态化的用户需求也对员工技能提出了更高的要求, 师傅言传身教与徒弟单一技能的学习已无法满足智能制造背景下企业日益复杂的人才需求。通过上述文献回顾, 本文总结现有研究中师徒关系与智能制造师徒关系在传授形式、关系特征、参与对象等方面的显著差异, 如表 1 所示。

从表 1 可以看出, 现有师徒关系局限于传统背景下师傅和徒弟两者之间的互动过程, 无法解释组织通过智能信息技术搭建的师傅、徒弟、数字化平台的多方互动关系网络。智能制造情境中的新型师徒关系区别于传统的师徒关系: 第一,

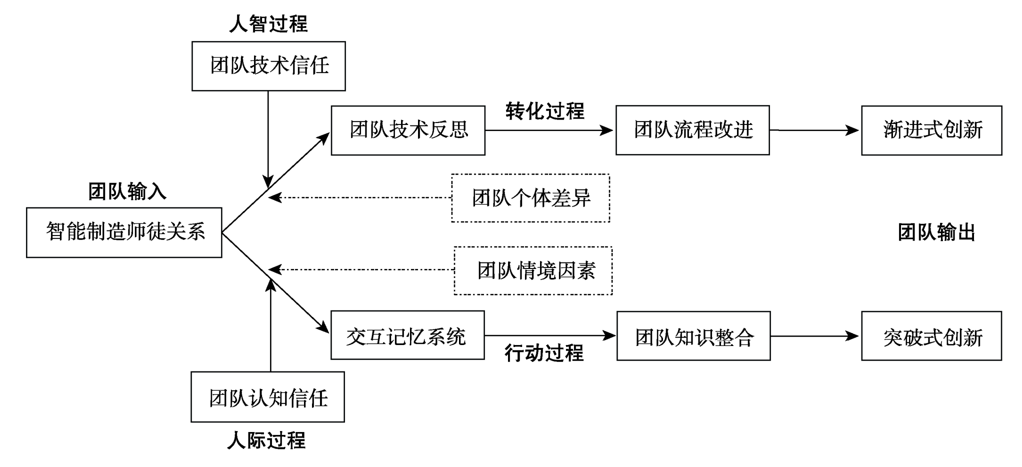


图 1　研究整体框架

表 1　传统师徒关系和智能制造师徒关系的差异

区别	传统师徒关系	智能制造师徒关系
参与对象	师傅、徒弟	师傅、徒弟、智能平台
传授形式	面对面接受师傅的言传身教 师传徒的单向传承 师傅和徒弟身份相对单一	通过智能平台向师傅主动学习 师徒多方学习网络 师傅和徒弟身份自由切换
关系特征	被动性 二元性 单线性	主动性 网络性 动态性

师徒传授形式由面对面的言传身教转换成更灵活自由的平台化主动学习，定制个性化的学习计划和方案(张敏，赵宜萱，2022)，即团队内成员可以通过智能平台去学习师傅的知识和经验，这需要徒弟发挥主观能动性去学习。第二，师徒间的人际互动可以基于智能制造情境中数字化平台形成团队集体关系网络，即团队每个成员被视为社会中的节点，这些团队成员间的关系连接汇聚成一个集体的师徒关系网络。因此，智能制造师徒关系强调在智能平台上由双方、三方、一对多以及多对多等多种互动而形成的人际关系网络。第三，智能制造情境中团队成员拥有师傅和徒弟双重角色身份，可以根据需要进行动态切换。传统师徒关系是师傅传授徒弟的单线传承(Hunt & Michael, 1983；Kram，1985)，而智能制造情境中团队内成员既可以作为徒弟向其他成员进行学习，也可以作为师傅指导其他成员，师徒角色可以动态切换，尤其是徒弟逆向指导表现明显。在关系网络中师傅指导任务的同时，徒弟也可能逆向分享其他关于技术趋势、主题进步、社会媒体的解释 (Jordan & Sorell, 2019)。在智能制造师徒关系网络中，师徒双方的学习和成长相互交织和相互依赖，并且多对多的指导关系可以增强师徒双方的个人网络，并在整个组织之间建立桥梁(Murphy, 2012)。

如上所述，智能制造师徒关系可以看作是以人工智能、大数据、云计算等数字技术为基础构建的智能平台为载体，以师徒互动为形式，旨在促进成员就智能制造情境中的工作任务、职业发展和人际关系等方面向其他成员提供或者寻求指导、支持与建议的关系网络。

3.1.2 智能制造师徒关系的结构及内涵

在师徒关系概念及测量研究中，Scandura (1992)三维模型得到了较为广泛的运用。尽管在该模型中，师徒关系难以很好地拓展到智能制造情境之中，但该模型所包括的三个维度仍然有助于我们作为探索智能制造师徒关系结构及内涵的初步框架。

第一，在职业指导方面，通过智能化平台，师徒间的多对多交流能够促使团队成员形成了一个动态多维的虚拟社会关系网络，它扩大了师徒两者的影响范围，实现了团队内部的知识交流和资源共享。智能制造情境中团队可以通过以数字技术为基础构建智能平台，智能平台作为储存知识的载体，能够随时随地被团队内成员使用。最终，师傅、徒弟会在智能技术的应用下形成虚拟网状师徒关系，徒弟可以通过智能平台主动学习，师傅也可以随时在平台分享经验和提供支持，师徒之间能够及时、高效地交流知识和经验。此外，团队内成员都可以作为师傅和徒弟进行咨询或分享，多种资源支持有助于团队内成员获得职业发展机会。第二，在社会支持方面，智能制造情境中员工一方面能够获得更为多元的社会支持，另一方面可能面临更多的压力。数字化技术的出现会造成企业员工对工作方式和内容的思考，进而产生未来不确定的恐慌和焦虑情绪，对智能技术产生抵触心理(曾德麟 等, 2021)。智能制造师徒关系构建成功后，团队成员间可以利用智能技术形成的网状交流平台进行及时互动交流，彼此带来的心理支持一定程度上减缓了双方的焦虑情绪，有利于企业数智化转型的顺利进行。第三，在角色模范方面，智能制造师徒关系形成的网状交流平台进一步扩大师徒关系的影响范围，不仅有利于师傅优秀事迹和经验的传播，而且有利于团队成员之间的互相鼓励和模仿，教学所长成为智能制造企业需要的创新型人才，实现企业资源共享。

鉴于此，本研究将通过扎根理论的质性研究方法，构建智能制造师徒关系的理论框架，并遵循规范的量表开发程序，开发智能制造师徒关系的测量工具。此外，智能制造师徒关系呈现动态化、网络化特点，这要求我们从社会网络视角来理解智能制造师徒关系的概念。本研究拟采用社会网络分析法(Social Network Analysis)，它衡量的是社会行动者之间的关系，行动者作为网络中的节点连接群体中的个人，这些关系逐渐汇总成一个完整的社会网络，可以分为双元关系、三元关系、一对多以及多对多关系(Freeman, 2004)。智能制造师徒关系描绘的制造业团队中每个成员作为社会行为者与团队中的其他成员产生连接，涵盖了上述社会网络中的所有关系。因此，参照Rulke 和 Galaskiewicz (2000)，本研究将使用社会网络分析法，综合团队成员评价其他成员的得分，选取网络密度和网络中心势衡量智能制造师徒关系团队层面的水平，为之后实证研究提供检验方法。

3.1.3 智能制造师徒关系的效度检验

本研究选取团队双元创新作为智能制造师徒

关系的校标关联变量，主要包括渐进式创新和突破式创新。渐进式创新是指对现有技术和产品的细微改善，是在现有知识的基础上加以改进使之更加符合市场需求(Zhou & Li, 2012)。本研究认为智能制造师徒关系能够对渐进式创新产生积极影响。首先，智能制造师徒关系有利于团队内成员间的资源获取。智能制造情境中的团队成员作为徒弟可以通过师徒关系网络轻松获取与工作任务相关的知识和资源，进而提高其完成工作任务的能力(Gibbons, 2004)，师傅也能得到徒弟的逆向指导，从团队内其他人获取工作资源来进行改进。其次，智能制造师徒关系可以促进团队成员之间的经验交流。智能制造情境中师傅可以通过师徒关系网络进行知识、经验的分享，同时徒弟的逆向指导反馈又有利于领导及其他成员的反思和改进(袁庆宏 等, 2015)。此时，团队内部知识和资源的流通可以促进整个团队资源的合理利用和最优配置，师徒双方资源合并克服创新的障碍(Jin & Shao, 2022)。最后，智能制造师徒关系有利于提升团队工作效率。智能制造师徒关系是一个多方互动的关系网络，团队内成员可以接收到多个拥有丰富经验和专业知识的师傅帮助，反过来徒弟们也可能在平台上向师傅反馈新的知识和信息，促使师傅自我提升。也就是说，智能制造情境中团队成员可以向工作经验少的同事提供意见和改进工作方法，提升团队的整体工作效率(Brennecke & Rank, 2016)。可见，智能制造师徒关系能通过团队成员合作来获得更多信息，并对团队资源配置来提升团队工作效率，促使企业在原有知识基础上进行知识更新和完善，进而对原有产品进行功能和形式上的改进，提升组织的渐进式创新。

突破式创新是指打破企业以往的能力、产品、流程和技术，以全新的方法或模式实现对现有产品或技术的颠覆(Zhang et al., 2016)。突破式创新更加注重内容、功能和本质上的创新，它并不是在原有基础上的修补和改进，而是一种对现状的全新挑战和彻底改变(Ozer & Zhang, 2015)。本研究认为智能制造师徒关系有利于突破式创新的发生。首先，智能制造师徒关系构建出通过智能平台构建团队关系网络，当徒弟在工作中遇到挑战或问题时，可以及时通过智能平台向特定方面优秀者学习，基于该平台达到“三人行必有我师”的状态。此外，智能制造情境中团队成员从其他人那里获得的职业指导、社会支持和角色模范，可以促使模糊的想法变得清晰，促进团队跳出原有思考问题的思维方式(Li et al., 2017)。尤其是徒弟虽然作为受教育的角色，反过来对师傅的逆向指导可以促使师傅摆脱固有逻辑思维(Jordan & Sorell, 2019)，师徒通过彼此间的教学所长，成长为智能制造需要的创新型人才。其次，智能制造师徒关系使团队成员通过智能平台进行沟通，有助于降低成员间的权力距离。智能制造师徒关系通过智能平台来交流，这一虚拟的互动方式会促使团队成员忽略彼此间的层级关系(Lu et al., 2017)，更加关注与工作任务相关知识与信息的分享，碰撞出新的灵感。智能制造网状师徒关系让团队内部的交流更加顺畅，促使徒弟的逆向指导成为可能，徒弟可以通过网络平台去反馈和逆向指导，降低其师傅的抵触性，更容易出现创新的火花。最后，智能制造师徒关系有利于团队成员从平台上尽可能多的搜集差异化和多样化的知识，有利于突破式创新的出现。智能制造师徒关系有助于将对产品、服务和组织过程有新视角的徒弟与了解如何在组织中完成工作的师傅聚集在一起，从而能够更有效地推动问题的识别、数据的收集和分析、解决方案的生成和实现(Murphy, 2012)。可见，智能制造师徒关系使团队内成员通过智能平台搜寻与共享信息以实现团队内资源的累积，进而提升团队的突破式创新。更进一步来说，智能制造师徒关系中师徒双方身份的动态切换，为徒弟的逆向指导提供了丰富机会，激发了团队成员之间的相互学习和问题反思过程，这对于提升团队双元创新是非常有利的。因此，我们提出：

命题 1：智能制造师徒关系对团队渐进式创新(a)和突破式创新(b)有正向影响。

3.1.4　智能制造师徒关系发挥作用的边界条件

团队过程变量。人工智能等数字化技术在制造业的引入和应用，无疑会改变组织内部人力资源管理的活动与流程(罗文豪 等, 2022)。智能制造情境中，人作为企业的重要组成单元，每位员工都可能与新技术产生交互，人、智能机器以及周围环境可以构成人—机—环境的整体协同系统(何勤 等, 2022)。TAR 模型的人际过程只包含团队成员间的互动，而团队成员与智能平台等数字化技术的互动也是团队工作内容的重要部分，本

研究聚焦企业员工与智能制造的互动过程，即人智过程作为情境因素，检验智能制造师徒关系作用过程的边界条件。此外，在团队 TAR 模型中，人际过程会作为情境因素触发影响创新的过程，主要涉及冲突和信任等问题(Marks et al., 2001)。因此，本研究以团队技术信任和团队认知信任为调节变量，来揭示人智过程、人际过程在智能制造师徒关系对团队双元创新作用过程的调节作用(如图 2 所示)。

在智能制造企业中，团队员工与人工智能等数字化技术的互动过程时有发生，本研究从人智交互的视角，关注团队技术信任对智能制造师徒关系与团队双元创新转化过程的调节作用。团队信任是指团队成员之间充满信心和积极期望的一种共同信念(de Jong & Elfring, 2010)。基于智能制造情境，本研究将团队技术信任定义为是团队成员对于团队掌握的人工智能等数字化技术的信心和期望。企业员工对于新技术引入后改变自身工作体验和行为产生的情绪和态度对于员工技术采纳和应用十分重要(张敏, 赵宜萱, 2022)，研究表明组织内部员工对 AI 系统的信任影响着团队协作与组织协调(Brock & von Wangenheim, 2019; Seeber et al., 2020)。因此，在智能制造情境中，当团队技术信任程度高时，团队成员通过师徒关系网络从他人处寻求的工作相关的技术、知识和经验更值得信赖，随着团队内成员间沟通和交流的加深，团队协作能力也增强，进一步促进团队双元创新的产生。

人际过程是人与人之间的互动过程，团队认知信任是团队成员基于对彼此的能力和现有知识的可靠性产生的信任(Davis et al., 2000)。较高的团队认知信任能够使团队成员对彼此的能力具有认同感，在团队中营造一种安全氛围，鼓励团队成员相互交流，提高团队成员的合作水平(Barczak et al., 2010)。当团队成员认知信任水平较高时，智能制造师徒关系网络中团队成员之间对分享的信息会更加信任且易于接受，更加方便团队成员间的知识交流和信息分享，从而为团队双元创新提供了丰富的信息和资源。因此，本研究提出：

命题 2：团队技术信任(a)、团队人际信任(b)正向调节智能制造师徒关系与团队双元创新之间的关系。

团队其他变量。在团队过程模型中，除连接输入变量和输出变量的三种常见团队过程变量外，有效的团队过程还受到如领导、文化氛围、涌现状态等团队情境因素的影响(Mathieu et al., 2017)，这些因素同样会对智能制造情境中师徒关系网络在团队创新过程中的作用方式产生影响(如图 2 所示)。研究表明，团队领导的变革型、尽责性等风格有助于激发团队反思，从而为团队创新提供更多机会(陈璐 等, 2016; Hu & Judge, 2017)，而团队的共享领导力又能够通过营造团队集体心理安全感为提升多层次团队学习创造有利条件，为更好地促进师徒关系网络发挥作用提供保障(Liu et al., 2014)。文化氛围也是影响团队创新过程的重要情境因素，同样能够影响到智能制造情境下师徒关系在团队创新中的作用。如创新氛围高的团队拥有自由畅通的信息共享机制、责任共担的决策机制(陈璐 等, 2016)，在增强团队成员主人翁意识的同时也扩展了智能制造师徒关系的影响力和自主性。与之相反，如果团队文化强调对新人的同化和适应性，新员工虽然可以更为快速地熟悉团队情境、完成团队任务(赵晨 等, 2021)，但也面临着融入组织旧思维方式、消耗自身创造力的风险，阻碍了团队创新的产生(Snoeren et al., 2016)。此

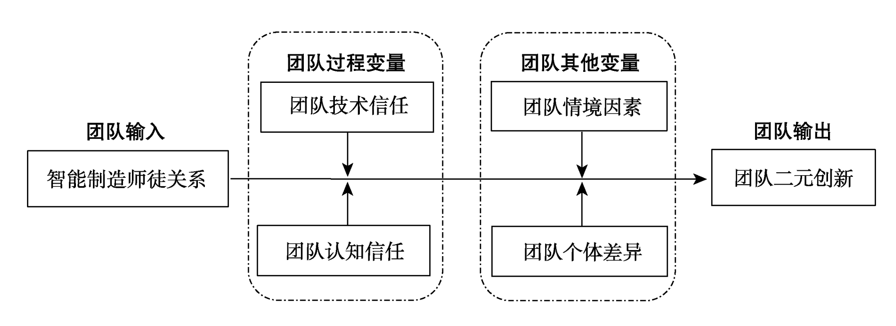


图 2 研究 1 模型示意图

外，团队成员的情感、动机、特质等因素还可以涌现汇聚到团队层次形成涌现状态变量，同样也会对团队创新过程产生影响(Marks et al., 2001)。具体来说，团队层次个体因素的汇聚涌现可以呈现异质性和一致性两种状态。团队成员在情感、性格、人格特质及人口统计学变量等方面的异质性程度越高，越有可能为团队带来更多样化的知识、经验和技能，增强智能制造师徒关系网络中团队成员之间形成隐形的知识网络(刘宁，贾俊生，2012)，从而为团队双元创新提供了丰富的信息和资源。同时，团队成员在态度、价值观、认知、动机等方面的一致性越高，越有可能促进团队协作(Healey et al., 2015)，进而促进团队创新的发生(Bowers et al., 2017)。

3.2　研究 2：智能制造师徒关系影响团队渐进式创新的团队转化过程视角

基于团队转化过程视角，本研究探索智能制造师徒关系影响团队渐进式创新的具体路径，旨在明确智能制造师徒关系对团队渐进式创新的转化过程机制及人智过程在其中的交互作用(如图 3 所示)。在 TAR 模型中，转化过程是后续行动过程顺利开展的前提(Marks et al., 2001)，但学者们对团队转化过程进行的实证探讨相对比较少(高中华 等, 2020)。转化过程发生于不同任务之间，团队在此过程中不仅需对以往成败经验进行反思与解释，而且需对未来行动做出规划与准备(LePine et al., 2008)。在该模型中，团队层次的智能制造师徒关系是输入要素，团队成员技术反思作为师徒关系的转化过程是首要中介变量，团队成员对转化过程的流程改进反应既是输出要素又是次要中介变量，团队渐进式创新是最终输出要素。因此，研究 2 将以团队技术反思和团队流程改进为连续中介变量，揭示智能制造师徒关系与团队渐进式创新的转化过程，以及团队技术信任对智能制造师徒关系通过团队技术反思对团队渐进式创新产生间接机制的调节作用。

3.2.1　技术反思、团队流程改进的链式中介机制

团队反思是指团队成员对团队目标、策略和工作过程进行的公开反思和沟通，并使其适应当前或预期的情况(West, 2000)。本研究将团队技术反思定义为智能制造情境中团队成员对团队拥有的数字化技术进行公开反思和沟通，进而使其适应智能制造带来的技术环境变化。团队技术反思是团队转化过程，强调的是团队成员间对技术的认知和主观理解(Yukawa, 2006)。在智能制造师徒关系中，当团队成员对工作内容和工作问题持有不同观点时，会激发团队内部对解决方案的考虑和交流，促进团队反思的产生。因而，团队成员技术反思作为团队转化过程成为了揭示智能制造师徒关系输入到输出的重要中介机制。

团队流程改进定义为由团队成员进行的活动，通过这些活动团队获取和处理数据，使其能够适应和改进(Edmondson, 1999)。在智能制造情境中，团队成员基于师徒关系网络互动而产生的团队技术反思可以进一步促进团队流程改进。由于智能制造情境中团队内成员可以借助智能平台形成的关系网络与团队内他人交流，尤其是针对数字化技术出现产生的工作方式和工作内容等问题的讨论，团队成员之间关于新技术的分享和讨论能够激发团队成员的技术反思。此外，团队会根据来自环境的反馈线索来调整他们的操作方法和工作方式(Schippers et al., 2015)。智能制造师徒关系网络给予了被指导者多方指导，关于工作任务的不一致信息也会引发团队成员的反思。团队技术反思使团队成员在工作过程中调整自己的观点，更有效地指导团队输出，改进目前团队的工作流程和做事方式。因此，智能制造下师徒关系激发了团队成员对技术的反思，进而产生对团队工作流程的改进。我们提出：

命题 3：智能制造师徒关系通过团队技术反思的中介对团队流程改进产生影响。

渐进式创新通常涉及的是对企业现有生产流

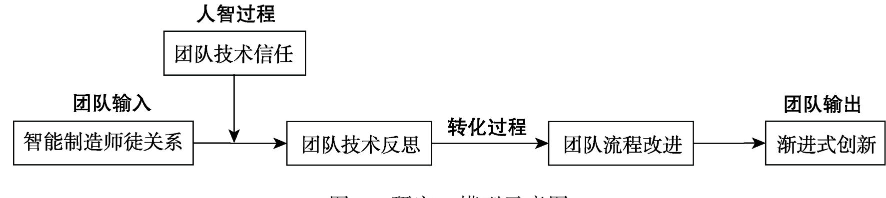


图 3　研究 2 模型示意图

程、技术方法、市场能力及产品的进一步完善，强调的是精细改进和持续积累(Zhou & Li, 2012)。团队流程改进主要包括寻求反馈、讨论错误等，意味着消除已知的流程缺陷(Edmondson et al., 2001)。通过鼓励团队成员对原定技术的质疑，团队技术反思激发团队成员摆脱旧技术的束缚，为新技术的产生创造团队条件。团队技术反思促进了团队流程改进这一过程，进而提高了他们的生产力，提升了团队的生产效率(Fuller et al., 2006)，也有助于团队新产品、新技术的改进和开发。因此，结合团队技术反思对团队流程改进的影响，我们提出：

命题 4：团队流程改进能够中介团队技术反思对团队渐进式创新的影响。

智能制造师徒关系形成了团队多方互动网络，在网络中团队成员可以向工作经验丰富的同事寻求帮助，并与他人交流合作获得更多关于工作的意见和信息，对现有技术进行反思，促使团队对原有工作方法和流程进行改进，实现渐进式创新。可见，智能制造师徒关系对团队渐进式创新有正向的影响。此外，由于智能制造师徒关系能够通过团队成员技术反思的中介作用对团队流程改进产生影响，而团队成员技术反思又能通过团队流程改进对团队渐进式创新产生影响，因此我们认为智能制造师徒关系与团队渐进式创新之间存在以下链式中介机制：

命题 5：智能制造师徒关系通过团队技术反思、团队流程改进的连续中介作用对团队渐进式创新产生影响。

3.2.2 人智过程对转化过程的交互影响

智能制造师徒关系是依托智能平台建立的师徒关系互动网络，团队成员关于数字化技术的信任感知影响到师徒关系对团队渐进式创新的转化过程。具体而言，在智能制造情境中，团队成员多在虚拟的网络交流平台上进行交流互动，丰富的人工智能、计算机通信等数字化技术极大地促进了团队成员就各种问题交流想法、对未来行动计划达成共识的能力(Demir et al., 2020)。团队成员与智能技术的交互过程显著影响其对智能技术的信任程度，如是否接受智能体提供的数据信息与决策建议以及是否愿意与智能体共同完成工作任务等(Hancock et al., 2011)。智能制造情境师徒关系网络中团队成员与智能技术的人智互动过程对创新转化过程至关重要，因此本研究以人智过程的技术信任为调节变量，探讨智能制造师徒关系对团队渐进式创新转化过程产生影响的边界条件。

较高的技术信任意味团队成员对企业现有数字化技术的满意程度，增强了团队成员对智能技术在功能性、可靠性及有用性三方面的认识和理解(徐禕，刘艺璇，2021)，成为维系团队成员间沟通交流的关键因素。在智能制造情境中，当团队技术信任程度高时，师徒关系网络产生的信息交流和分享更值得信赖。随着团队内成员间沟通和交流的加深，团队成员对目前掌握的智能制造技术更加了解，关于工作任务的探讨更容易引发团队成员的思考。因此，当团队成员技术信任程度高时，智能制造师徒关系给团队成员带来的知识和信息更加值得信赖，团队成员间对技术的畅所欲言也会引发对团队技术的进一步反思，进而对现有的团队技术和流程进一步改进，为团队渐进式创新带来资源。此外，本研究认为团队技术信任还能够强化智能制造师徒关系经由团队技术反思、团队流程改进的连续中介作用对团队渐进式创新产生的影响。因此，提出：

命题 6：团队技术信任不仅正向调节智能制造师徒关系与团队技术反思之间的关系，而且正向调节智能制造师徒关系与团队渐进式创新之间的间接关系。在这一间接关系中，智能制造师徒关系对团队渐进式创新的影响首先被团队成员技术反思所中介，其次被团队流程改进所中介，具体表现为被调节的链式中介效应。

3.3 研究 3：智能制造师徒关系影响团队突破式创新的团队行动过程视角

基于团队转化过程视角，本研究探索智能制造师徒关系影响团队突破式创新的具体路径，旨在明确智能制造师徒关系对团队突破式创新的行动过程机制及人际过程在其中的交互作用(如图 4 所示)。在 TAR 模型中，行动过程是指团队为实现团队目标、执行团队任务而进行的一系列活动，通常发生于转化过程之后(Marks et al., 2001)。此外，IPO 模型指出团队涌现状态变量不同于团队过程变量，既受到其他团队情境性输入要素(如师徒关系)的影响，也可以作为输入变量对团队行动过程产生影响(Marks et al., 2001)，以更有效地实现最终的远端结果(高中华 等，2020)。在该模型中，智能制造师徒关系是输入要素，通过塑造的

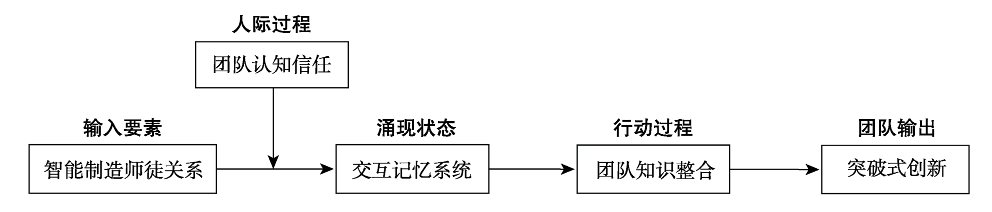


图 4　研究 3 模型示意图

团队交互记忆系统(团队涌现状态)进一步传导到团队知识整合(团队行动过程)这一核心活动上，最后对团队突破式创新(团队远端结果)产生影响，团队认知信任(人际过程)贯穿于整个团队行动过程之中。据此，本研究构建被调节的链式中介理论模型，将以交互记忆系统和团队知识整合为连续中介变量，揭示智能制造师徒关系与团队突破式创新的行动过程，以及团队认知信任对智能制造师徒关系对团队突破式创新产生间接机制的调节作用。

3.3.1　交互记忆系统和团队知识整合的链式中介作用

在团队工作情境中，交互记忆系统作为团队知识分布式储存的工作系统，是一种团队成员间形成的编码、储存和检索不同领域知识的共享系统(Lewis & Herndon, 2011)，反映了团队成员的共享认知。交互记忆系统主要包括在交互记忆系统的专业化、差异化的团队知识，成员间的相互信任与依赖以及协调互动行为三个方面(Lewis, 2003)。智能制造师徒关系正向影响交互记忆系统，主要表现在以下三个方面。首先，智能制造情境中的团队成员能够通过师徒关系网络快速查询到团队内所有成员的专长知识，也能通过关系网络去分享和整合不同成员的多样化信息。其次，智能制造情境中的团队成员可以通过师徒关系网络从不同的师傅搜寻信息，增加信息的可信性，提升了团队成员的信任与依赖。最后，智能制造师徒关系网络有利于团队内部的沟通与交流，促进了团队成员的合作能力，通过对差异化知识进行有效整合提高团队运作的有效性(Austin, 2003)。因此，智能制造师徒关系促使团队关系网络的出现，能够促进团队交互记忆系统的发展。

团队知识整合是指团队成员将以前不相互关联的知识片段组合的能力(Collins & Smith, 2006)。团队交互记忆系统能够促进团队知识整合。研究表明，团队合作、开放和对多样性的欣赏可以建立知识交换和结合的强大基础(Nahapiet & Ghoshal, 1998)。具体而言，交互记忆系统具有专业化和差异化的团队知识，作为知识分布系统，团队内成员的多样性增加了知识吸收与结合的机会(Nahapiet & Ghoshal, 1998)。其次，交互记忆系统的可信能够促进团队成员间的知识互动和交流，并更新和整合团队内部的知识储备。最后，团队交互记忆系统促使员工间相互合作，充分利用来自不同背景成员的知识和经验，使团队知识实现弹性的配置和组合，精炼现有能力、技术和范例(Argote & Miron-Spektor, 2011)。综上，我们提出：

命题 7：智能制造师徒关系通过交互记忆系统的中介对团队知识整合产生影响。

知识整合使创新成为可能，而突破式创新主要与应用新知识来开发全新的产品、服务或流程有关(Nahapiet & Ghoshal, 1998)。团队交互记忆系统的专业性知识能够增加团队成员的知识交流，且交互记忆系统的可信性使得团队成员间相互合作，协同对知识进行梳理和整合。团队成员能够通过对多样化资源和知识的交流与整合来促进知识碰撞和新思想的产生(Amabile et al., 1996)，实现团队突破式创新。因此，我们提出：

命题 8：团队知识整合能够中介团队交互记忆系统对团队突破式创新的影响。

研究表明团队知识整合能提升个人价值和组织价值，并提高团队创新绩效(Yang, 2005; Hong et al., 2004)。具体而言，智能制造师徒关系网络能够使拥有不同知识的个体进行频繁互动交流，有利于师傅把自己的隐形经验分享给团队内他人，促进团队内的信息分享。在此过程中，团队成员将获得的知识进行吸收整合，同时将自己的经验传递出去，团队内的知识交流和整合促进团队产生了更多的新知识，促进了企业的突破式创新。因此我们认为智能制造师徒关系与团队突破式创新之间存在以下链式中介机制：

命题 9：智能制造师徒关系通过团队交互记

忆系统、团队知识整合的连续中介对团队突破式创新产生影响。

3.3.2 人际过程对行动过程的交互影响

人际过程主要是指对人际关系的管理活动，能够作为情境因素进一步触发影响创新的行动过程(Marks et al., 2001)。行动过程反映了团队为实现其目标而进行的一系列努力和行动(Marks et al., 2001)，智能制造师徒关系表现为团队成员间的社会关系网络，团队成员对彼此能力的信任感知主要影响到师徒关系对团队突破式创新的行动过程。具体而言，突破式创新需要团队拥有更多的资源和能力，对于智能制造情境中的团队来说，师徒关系网络为团队成员创新行动提供了信息交流和资源共享平台。人际过程中团队成员间的信任关系显著影响团队的沟通和合作程度(Hancock et al., 2011)，即人际关系和谐、相互信任的团队成员可以自由地交流讨论，分享自身经验和有效信息，为团队创新行动提供必要的基础条件。如此，智能制造情境师徒关系网络中团队成员间的人际互动过程对团队的创新行动至关重要，本研究以人际过程的团队认知信任作为调节变量，揭示智能制造师徒关系影响团队突破式创新行动过程的边界条件。

认知信任决定了人们会根据他们认为的证据来选择信任谁(Lewis & Weigert, 1985)。较高的团队认知信任能够使团队成员对彼此的能力具有认同感，在团队中营造一种安全氛围，鼓励团队成员相互交流，提高团队成员的合作能力(Barczak et al., 2010)。已有研究表明认知信任与提供任务建议、职业指导正相关(Chou et al., 2006)。因此，当团队成员认知信任水平较高时，智能制造师徒关系网络中团队成员之间彼此信任，对分享的信息会更加宽容及互相接受，即使对同一问题存在某些观念和思维方式上的不同，团队成员也会彼此鼓励，就问题进行深入讨论。此时，团队成员能够充分表达想法和提出质疑，团队成员的相互依赖和知识多样化能形成团队的共享认知，即团队交互记忆系统。团队交互记忆系统进一步推动了团队成员的知识和信息表达，通过促进团队知识的交流与整合来碰撞出更多灵感，从而为突破式创新提供了丰富的知识资源。因此，当团队认知信任水平较高时，智能制造下的师徒关系网络会更值得信赖，有助于团队成员的知识交流和信息分享，进一步地，本研究认为团队认知信任还能够调节智能制造师徒关系经由交互记忆系统、团队知识整合的连续中介作用对团队突破式创新产生的影响。因此，本研究提出：

命题 10：团队认知信任不仅正向调节智能制造师徒关系与团队交互记忆系统之间的关系，而且正向调节智能制造师徒关系与团队突破式创新之间的间接关系。在这一间接关系中，智能制造师徒关系对团队突破式创新的影响首先被团队成员交互记忆系统所中介，其次被团队知识整合所中介，具体表现为被调节的链式中介效应。

4 理论建构及未来展望

4.1 理论构建

基于上述智能制造师徒关系理论与相关构念关系的讨论，本文包含的三项研究内容除了在智能制造情境中扩展师徒关系的内涵与结构外，更侧重于回答智能制造师徒关系如何影响团队双元创新的具体过程。由此，本研究拟构建以下三方面理论体系：

首先，本研究从理论上构建了智能制造师徒关系的概念内涵，并从传统师徒关系的职业指导、社会支持和角色模范三维结构出发，开发智能制造师徒关系的测量条目。本研究不仅丰富了学术界对师徒关系理论内涵的认识，且进一步完善了师徒关系的测量视角和测量方式。一方面，在现有研究中，学者们关于师徒之间关系的认识仍停留在传统制造业情境中师傅与徒弟二者之间的交流互动(Hunt & Michael, 1983; 韩翼, 杨百寅, 2012)，智能制造背景下师徒关系转为师傅、徒弟、智能平台的多方互动，在传授形式、关系特征、参与对象等方面都有了显著发展，其内涵结构应在时代情境下得到进一步探索和更新。鉴于此，本研究提出的智能制造情境中新型师徒关系理论，推动了师徒关系理论的情境化应用与发展。另一方面，不同于以往研究对师徒关系中徒弟视角的问卷调查(叶龙 等, 2020)，智能制造师徒关系形成了“多对多”的团队指导关系，为构建团队内部的社会关系网络提供扎实的理论依据。因此，本研究将采用社会网络分析法准确衡量团队层面的师徒关系强度。综上所述，本研究构建并开发了智能制造师徒关系的理论内涵以及团队层面的测量工具，不仅丰富了学术界对智能制造师徒关系

理论内涵的认识, 且进一步完善了师徒关系的测量方式。

其次, 本研究将智能制造师徒关系的作用机制拓展至团队层面, 基于 TAR 模型构建了智能制造师徒关系激发团队双元创新的多重过程模型, 并进一步探讨人智过程和人际过程在其中的调节作用。本研究既整合了智能制造师徒关系在团队层面的作用后果研究, 又基于智能制造情境对团队过程理论框架进行了拓展。在已有师徒关系影响的研究中, 学者们大多在个体层面讨论对师傅或徒弟心理和行为产生的影响, 仍将对团队层面的行为后果影响视为黑箱(陈诚 等, 2015)。本研究从不同类型的团队过程出发, 构建了智能制造师徒关系与团队创新之间包括转化过程和行动过程的双重中介路径, 开拓并整合了智能制造师徒关系在团队层面作用过程的理论模型。此外, 团队 TAR 模型主要从团队互动的角度探究团队有效性问题(Mathieu et al., 2017), 现有团队过程模型除了包括与团队目标和任务完成本身有关的转化过程和行动过程之外, 还包括贯穿于这两个过程中的人际过程(Marks et al., 2001)。与人际互动过程对应, 本研究提出了人与智能互动的人智过程, 进一步丰富和扩展了团队过程模型在智能制造情境中的理论内涵。本研究引入人际过程和人智过程作为调节变量, 以探究在智能制造情境中, 如何更好地运用、管理和调整师徒关系与转化和行动过程来实现更高水平的团队创新。综上, 本研究将智能制造师徒关系与团队过程模型进行结合, 为师徒关系的影响机制提供系统的理论框架。

最后, 本研究从企业微观层面, 探讨了智能制造师徒关系在激发团队双元创新方面发挥的作用, 为更深入地理解企业创新的多重驱动过程提供了更多的证据, 也为智能制造情境中的创新型人才培养与激励提供新的理论视角。在以往团队创新的驱动因素研究中, 尽管学者们已经从人际过程视角探索了信任、冲突等人际关系因素对团队创新的影响, 但很少关注师徒关系这种具体人际关系风格在团队创新激发过程中发挥的作用(Germain & McGuire, 2014; Nifadkar & Bauer, 2016)。师徒关系是传统制造业企业内部一项重要的人力资源管理培训措施, 能够为解决上述问题提供一个行之有效的思路。本研究构建智能制造师徒关系影响团队双元创新的多重过程模型, 探讨有助于激发智能制造情境中团队创新的企业内部关键活动过程(如师徒关系网络建立、技术反思、以及技术信任等微观变量), 为促进微观视角下的企业创新驱动机制研究提供扎实的理论依据。此外, 数字经济时代智能制造企业迫切呼唤复合型员工的出现, 传统的师徒传承已无法满足智能制造情境中工作方式与内容的改变和人才需求(Shehadeh et al., 2017)。本研究所构建的智能制造师徒关系与团队创新的理论框架为企业数智化转型中员工从“流水线工人”向“创新型人才”的演化提供了新的研究思路。综合上述工作, 本研究试图将智能制造情境与师徒关系予以整合, 从而为系统地认识智能制造师徒关系提供理论与实践指引。

总之, 本研究试图在智能制造情境中重新思考和建构师徒关系这一兼具理论价值和实践意义的核心概念。在此基础上, 本研究进一步从团队过程模型出发, 分别探讨了智能制造师徒关系影响团队双元创新的过程机制和边界条件, 并构建了一个系统整合的智能制造师徒关系理论模型。然而, 本研究构建的模型多数仍处于理论思考的阶段, 缺少充分的调研数据支持。本研究提出这一理论模型的主要目的, 不仅为了揭示智能制造师徒关系作用过程及其后果, 也借此推动学者们对企业微观创新过程的系统性理解。

4.2 未来展望

未来可以在后续的研究中, 从其他不同的视角或层次出发, 对上述理论模型进行更新和完善, 更好地推动智能制造师徒关系的相关研究。

首先, 智能制造师徒关系的研究内容有待进一步丰富。本研究从智能制造师徒关系网络对团队创新的作用过程出发, 未来研究可以进一步探索新员工入职的同化和适应情况, 企业过度重视新员工社会化可能反而不利于新员工/徒弟在团队内开展创新, 未来研究可以从企业新员工适应的角度探讨其与创新的作用机制。尤其是, 在当前不断变革的数智化环境下, 未来研究可以结合人机协同、虚拟团队等新的管理背景, 进一步思考师徒关系的驱动及影响因素等研究问题, 如探索更多促进或缓和影响的团队特质和情境变量。

其次, 构建多层次多方向智能制造师徒关系模型。本研究基于团队过程理论探讨了智能制造师徒关系对创新的作用机制, 未来可以分别从师傅和徒弟的个体视角出发, 探究智能制造情境中

徒弟逆向指导对师徒双方的影响效应。智能制造师徒关系为徒弟的逆向指导提供了丰富的机会，激发了团队成员的学习和反思过程，进一步促进创新行为。对徒弟来说，逆向指导的机会越多，接触并获得不同知识和资源的机会越多，能够更快速、更全面地传递信息(Belso-Martinez & Diez-Vial, 2018)；而对师傅来说，接收更多徒弟“逆向指导”时，能通过提高自身对信息的深加工增强工作能力(吕鸿江 等, 2020)。

最后，研究方法从横截面研究转向纵向追踪研究。本研究基于社会网络分析单个时点下衡量不同团队智能制造师徒关系的程度，无法检测其在团队行动和转化过程的演化，不能清晰阐释个体属性与网络关系的交互作用(张云运 等, 2022)，未来研究可以运用纵向追踪进一步聚焦于师徒关系网络的形成过程，从社会网络的结构维度和关系维度两个方面着重探讨团队内师徒行为的发展，以及成员行为发展对师徒关系网络的塑造作用，如新员工/徒弟在团队中的社会化过程以及对师徒关系网络的塑造作用。

参考文献

边燕杰，丘海雄. (2000，2 月). 企业的社会资本及其功效. *中国社会科学*, *2*, 87−99.

陈诚，文鹏，舒晓兵. (2015). 多水平导师指导行为对员工结果的影响机制. *心理科学进展*, *23*(4), 554−561.

陈驰茵，唐宁玉. (2017，12 月). 团队过程研究十年回顾：2008 至 2017. *中国人力资源开发*, *12*, 47−59.

陈金亮，赵雅欣，林嵩. (2021). 智能制造能促进企业创新绩效吗? *外国经济与管理*, *43*(9), 83−101.

陈璐，柏帅皎，王月梅. (2016). CEO 变革型领导与高管团队创造力：一个被调节的中介模型. *南开管理评论*, *19*(2), 63−74.

杜鹏程，李敏，倪清，吴婷. (2015). 差错反感文化对员工创新行为的影响机制研究. *管理学报*, *12*(4), 538−545.

高中华，赵晨，付悦，刘永虹. (2020). 团队情境下忧患型领导对角色绩效的多层链式影响机制研究. *管理世界*, *36*(9), 186−201+216+202.

韩翼，杨百寅. (2012，6 月). 师徒关系开启徒弟职业成功之门：政治技能视角. *管理世界*, *6*, 124−132.

韩翼，周洁，孙习习，杨百寅. (2013). 师徒关系结构、作用机制及其效应. *管理评论*, *25*(7), 54−66.

何贵兵，陈诚，何泽桐，崔力丹，陆嘉琦，宣泓舟，林琳. (2022). 智能组织中的人机协同决策：基于人机内部兼容性的研究探索. *心理科学进展*, *30*(12), 2619−2627.

何勤，董晓雨，朱晓妹. (2022). 人工智能引发劳动关系变革：系统重构与治理框架. *中国人力资源开发*, *39*(1), 134−148.

晋琳琳，陈宇，奚菁. (2016). 家长式领导对科研团队创新绩效影响：一项跨层次研究. *科研管理*, *37*(7), 107−116.

李进生，曾颢，赵曙明. (2021). 师徒制对徒弟创新绩效的影响机制研究：心理可得性和主动性人格的作用. *商业经济与管理*, (3), 19−29.

刘宁，贾俊生. (2012, 6 月). 研发团队多元性、知识分享与创新绩效关系的实证研究. *南开管理评论*, *6*, 85−92, 103.

刘智强，卫利华，周空，廖书迪. (2019). 地位冲突的“双面”特性与团队创新. *南开管理评论*, *22*(4), 176−186.

罗文豪，霍伟伟，赵宜萱，王震. (2022). 人工智能驱动的组织与人力资源管理变革：实践洞察与研究方向. *中国人力资源开发*, *39*(1), 4−16.

罗文豪，王尧. (2022). 成为自己的掌舵者：个体自我领导的多层次驱动机制. *心理科学进展*, *30*(10), 2177−2193.

吕鸿江，张秋萍，彭丽娟. (2020, 11 月). 领导被下属“逆向指导”的权变机制——信息深加工和信任地位的作用. *中国工业经济*, *11*, 174−192.

宋萌，王震，张华磊. (2017). 领导跨界行为影响团队创新的内在机制和边界条件：知识管理的视角. *管理评论*, *29*(3), 126−135.

孙继伟，李晓琳. (2018). 技术型企业过往绩效对团队创新行为的影响：关系冲突的中介效应. *科技进步与对策*, *35*(5), 88−95.

孙玺，李南，付信夺. (2013). 企业师徒制知识共享与转移的有效性评价. *情报理论与实践*, *36*(7), 76−80.

王凯，韩翼. (2018). 企业师徒关系对徒弟工作活力与创新绩效的影响. *科技进步与对策*, *35*(5), 147−153.

卫武，赵鹤. (2018). 团队时间领导与团队创新行为：基于团队从工作中的心理解脱视角. *南开管理评论*, *21*(4), 39−49.

魏翔宇，于广涛. (2021). 企业导师指导如何激发徒弟创新——基于认知和情感的双路径机制研究. *经济管理*, *43*(2), 123−138.

徐禕，刘艺璇. (2021). 技术信任和领导信任对企业员工新技术接受的影响. *心理科学进展*, *29*(10), 1711−1723.

姚柱，罗瑾琏，张显春，熊正德. (2020). 研发团队时间压力、团队反思与创新绩效. *科学学研究*, *38*(8), 1526−1536.

叶龙，刘园园，郭名. (2020). 传承的意义:企业师徒关系对徒弟工匠精神的影响研究. *外国经济与管理*, *42*(7), 95−107.

袁庆宏，张华磊，王震，黄勇. (2015). 研发团队跨界活动对团队创新绩效的“双刃剑”效应——团队反思的中介作用和授权领导的调节作用. *南开管理评论*, *18*(3), 13−23.

曾德麟，蔡家玮，欧阳桃花. (2021). 数字化转型研究：整

合框架与未来展望. *外国经济与管理, 43*(5), 63−76.

曾颢, 赵曙明. (2017, 4 月). 工匠精神的企业行为与省际实践. *改革, 4*, 125−136.

张敏, 赵宜萱. (2022). 机器学习在人力资源管理领域中的应用研究. *中国人力资源开发, 39*(1), 71−83.

张明超, 孙新波, 钱雨. (2021). 数据赋能驱动智能制造企业 C2M 反向定制模式创新实现机理. *管理学报, 18*(8), 1175−1186.

张远, 李焕杰. (2022, 1 月). 企业智能化转型对内部劳动力结构转换的影响研究. *中国人力资源开发, 1*, 98−118.

张云运, 张其文, 张李斌, 任萍, 秦幸娜, 常睿生. (2022). 青少年友谊网络与受欺凌的共同变化关系: 一项纵向社会网络分析研究. *心理学报, 54*(9), 1050−1060.

赵晨, 周锦来, 高中华. (2021). 社会化互动视角下新员工嵌入团队交互记忆系统的动态机制. *河南师范大学学报: 哲学社会科学版, 48*(6), 100−107.

Alsharo, M., Gregg, D., & Ramirez, R. (2017). Virtual team effectiveness: The role of knowledge sharing and trust. *Information & Management, 54*(4), 479−490.

Amabile, T. M., Conti, R., Coon, H., Lazenby, J., & Herron, M. (1996). Assessing the work environment for creativity. *Academy of Management Journal, 39*(5), 1154−1184.

Argote, L., & Miron-Spektor, E. (2011). Organizational learning: From experience to knowledge. *Organization Science, 22*(5), 1123−1137.

Austin, J. R. (2003). Transactive memory in organizational groups: The effects of content, consensus, specialization, and accuracy on group performance. *Journal of Applied Psychology, 88*(5), 866−878.

Bang, H., & Reio, T. G., Jr. (2017). Personal accomplishment, mentoring, and creative self-efficacy as predictors of creative work involvement: The moderating role of positive and negative affect. *The Journal of Psychology, 151*(2), 148−170.

Barczak, G., Lassk, F., & Mulki, J. (2010). Antecedents of team creativity: An examination of team emotional intelligence, team trust and collaborative culture. *Creativity and Innovation Management, 19*(4), 332−345.

Belso-Martinez, J. A., & Diez-Vial, I. (2018). Firm's strategic choices and network knowledge dynamics: How do they affect innovation? *Journal of Knowledge Management*, *22*(1), 1−20.

Bowers, C., Kreutzer, C., Cannon-Bowers, J., & Lamb, J. (2017). Team resilience as a second-order emergent state: A theoretical model and research directions. *Frontiers in Psychology*, *8*, Article 1360. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01360

Brennecke, J., & Rank, O. N. (2016). The interplay between formal project memberships and informal advice seeking in knowledge-intensive firms: A multilevel network approach. *Social Networks, 44*, 307−318.

Brock, J. K. U., & von Wangenheim, F. (2019). Demystifying AI: What digital transformation leaders can teach you about realistic artificial intelligence. *California Management Review, 61*(4), 110−134.

Büchi, G., Cugno, M., & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change, 150*, 119790−119800.

Chao, G. T., Walz, P., & Gardner, P. D. (1992). Formal and informal mentorships: A comparison on mentoring functions and contrast with nonmentored counterparts. *Personnel Psychology, 45*(3), 619−636.

Chen, A. S. Y., & Hou, Y. H. (2016). The effects of ethical leadership, voice behavior and climates for innovation on creativity: A moderated mediation examination. *The Leadership Quarterly, 27*(1), 1−13.

Chou, L. F., Cheng, B. S., Huang, M. P., & Cheng, H. Y. (2006). Guanxi networks and members' effectiveness in Chinese work teams: Mediating effects of trust networks. *Asian Journal of Social Psychology, 9*(2), 79−95.

Collins, C. J., & Smith, K. G. (2006). Knowledge exchange and combination: The role of human resource practices in the performance of high-technology firms. *Academy of Management Journal, 49*(3), 544−560.

Crnjac, M., Vea, I., & Banduka, N. (2017). From concept to the introduction of industry 4.0. *International Journal of Industrial Engineering and Management, 8*(1), 21−30.

Curtis, M. B., & Taylor, E. Z. (2018). Developmental mentoring, affective organizational commitment, and knowledge sharing in public accounting firms. *Journal of Knowledge Management, 22*(1), 142−161.

Davis, J. H., Schoorman, F. D., Mayer, R. C., & Tan, H. H. (2000). The trusted general manager and business unit performance: Empirical evidence of a competitive advantage. *Strategic Management Journal, 21*(5), 563−576.

de Jong, B. A., & Elfring, T. (2010). How does trust affect the performance of ongoing teams? The mediating role of reflexivity, monitoring, and effort. *Academy of Management Journal, 53*(3), 535−549.

Demir, M., McNeese, N. J., & Cooke, N. J. (2020). Understanding human-robot teams in light of all-human teams: Aspects of team interaction and shared cognition. *International Journal of Human-Computer Studies, 140*, 102436−102463.

Edmondson, A. (1999). Psychological safety and learning behavior in work teams. *Administrative Science Quarterly, 44*(2), 350−383.

Edmondson, A. C., Bohmer, R. M., & Pisano, G. P. (2001). Disrupted routines: Team learning and new technology implementation in hospitals. *Administrative Science Quarterly, 46*(4), 685−716.

Ensher, E. A., Heun, C., & Blanchard, A. (2003). Online mentoring and computer-mediated communication: New directions in research. *Journal of Vocational Behavior, 63*(2), 264−288.

Ensher, E. A., & Murphy, S. E. (2007). E-mentoring. In B. R. Ragins & K. E. Kram (Eds.), *The handbook of mentoring at work: Theory, research, and practice* (pp. 299−322). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Freeman, L. (2004). The development of social network analysis. *A Study in the Sociology of Science, 1*(687), 159−167.

Fuller, M. A., Hardin, A. M., & Davison, R. M. (2006). Efficacy in technology-mediated distributed teams. *Journal of Management Information Systems, 23*(3), 209−235.

Germain, M. L., & McGuire, D. (2014). The role of swift trust in virtual teams and implications for human resource development. *Advances in Developing Human Resources, 16*(3), 356−370.

Gibbons, D. E. (2004). Network structure and innovation ambiguity effects on diffusion in dynamic organizational fields. *Academy of Management Journal, 47*(6), 938−951.

Guzzo, R. A., & Shea, G. P. (1992). Group performance and intergroup relations in organizations. In M. D. Dunnette & L. M. Hough (Eds.), *Handbook of industrial and organizational psychology* (Vol. 3, pp. 269−313). Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.

Hameed, W. U., Nisar, Q. A., & Wu, H. C. (2021). Relationships between external knowledge, internal innovation, firms' open innovation performance, service innovation and business performance in the Pakistani hotel industry. *International Journal of Hospitality Management, 92*, Article 102745. https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2020.102745

Hancock, P. A., Billings, D. R., & Schaefer, K. E. (2011). Can you trust your robot? *Ergonomics in Design, 19*(3), 24−29.

Healey, M. P., Vuori, T., & Hodgkinson, G. P. (2015). When teams agree while disagreeing: Reflexion and reflection in shared cognition. *Academy of Management Review*, *40*(3), 399−422.

Hong, P., Doll, W. J., Nahm, A. Y., & Li, X. (2004). Knowledge sharing in integrated product development. *European Journal of Innovation Management, 7*(2), 102−112.

Hu, C., Baranik, L. E., Cheng, Y. N., Huang, J. C., & Yang, C. C. (2020). Mentoring support and protégé creativity: Examining the moderating roles of job dissatisfaction and Chinese traditionality. *Asia Pacific Journal of Human Resources, 58*(3), 335−355.

Hu, J., & Judge, T. A. (2017). Leader-team complementarity: Exploring the interactive effects of leader personality traits and team power distance values on team processes and performance. *Journal of Applied Psychology*, *102*(6), 935−955.

Hülsheger, U. R., Anderson, N., & Salgado, J. F. (2009). Team-level predictors of innovation at work: A comprehensive meta-analysis spanning three decades of research. *Journal of Applied Psychology, 94*(5), 1128−1145.

Hunt, D. M., & Michael, C. (1983). Mentorship: A career training and development tool. *Academy of Management Review, 8*(3), 475−485.

Jin, Y., & Shao, Y. F. (2022). Power-leveraging paradox and firm innovation: The influence of network power, knowledge integration and breakthrough innovation. *Industrial Marketing Management, 102*, 205−215.

Jordan, J., & Sorell, M. (2019, October). Why reverse mentoring works and how to do it right. *Harvard Business Review*. https://hbsp.harvard.edu/product/H056YF-PDF-ENG

Kram, K. E. (1983). Phases of the mentor relationship. *Academy of Management Journal, 26*(4), 608−625.

Lee, H. W., Choi, J. N., & Kim, S. (2018). Does gender diversity help teams constructively manage status conflict? An evolutionary perspective of status conflict, team psychological safety, and team creativity. *Organizational Behavior and Human Decision Processes, 144*, 187−199.

LePine, J. A., Piccolo, R. F., Jackson, C. L., Mathieu, J. E., & Saul, J. R. (2008). A meta-analysis of teamwork processes: Tests of a multidimensional model and relationships with team effectiveness criteria. *Personnel Psychology, 61*(2), 273−307.

Lewis, J. D., & Weigert, A. (1985). Trust as a social reality. *Social Forces, 63*(4), 967−985.

Lewis, K. (2003). Measuring transactive memory systems in the field: Scale development and validation. *Journal of Applied Psychology, 88*(4), 587−604.

Lewis, K., & Herndon, B. (2011). Transactive memory systems: Current issues and future research directions. *Organization Science, 22*(5), 1254−1265.

Li, B. H., Hou, B. C., Yu, W. T., Lu, X. B., & Yang, C. W. (2017). Applications of artificial intelligence in intelligent manufacturing: A review. *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering, 18*(1), 86−96.

Liu, S., Hu, J., Li, Y., Wang, Z., & Lin, X. (2014). Examining the cross-level relationship between shared

leadership and learning in teams: Evidence from China. *Leadership Quarterly, 25*(2), 282−295.

Lu, J. G., Hafenbrack, A. C., Eastwick, P. W., Wang, D. J., Maddux, W. W., & Galinsky, A. D. (2017). "Going out" of the box: Close intercultural friendships and romantic relationships spark creativity, workplace innovation, and entrepreneurship. *Journal of Applied Psychology, 102*(7), 1091−1108.

Marks, M. A., Mathieu, J. E., & Zaccaro, S. J. (2001). A temporally based framework and taxonomy of team processes. *Academy of Management Review, 26*(3), 356−376.

Mathieu, J. E., Hollenbeck, J. R., van Knippenberg, D., & Ilgen, D. R. (2017). A century of work teams in the journal of applied psychology. *Journal of Applied Psychology, 102*(3), 452−467.

Murphy, W. M. (2012). Reverse mentoring at work: Fostering cross-generational learning and developing millennial leaders. *Human Resource Management*, *51*(4), 549−573.

Nahapiet, J., & Ghoshal, S. (1998). Social capital, intellectual capital, and the organizational advantage. A*cademy of Management Review, 23*(2), 242−266.

Nifadkar, S. S., & Bauer, T. N. (2016). Breach of belongingness: Newcomer relationship conflict, information, and task-related outcomes during organizational socialization. *Journal of Applied Psychology, 101*(1), 1−13.

Ozer, M., & Zhang, W. (2015). The effects of geographic and network ties on exploitative and exploratory product innovation. *Strategic Management Journal, 36*(7), 1105−1114.

Ragins, B. R., & McFarlin, D. B. (1990). Perceptions of mentor roles in cross-gender mentoring relationships. *Journal of Vocational Behavior, 37*(3), 321−339.

Raj, A., Dwivedi, G., Sharma, A., de Sousa Jabbour, A. B. L., & Rajak, S. (2019). Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. *International Journal of Production Economics*, Article 107546. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107546

Rulke, D. L., & Galaskiewicz, J. (2000). Distribution of knowledge, group network structure, and group performance. *Management Science, 46*(5), 612−625.

Scandura, T. A. (1992). Mentorship and career mobility: An empirical investigation. *Journal of Organizational Behavior, 13*(2), 169−174.

Scandura, T. A. (1997). Mentoring and organizational justice: An empirical investigation. *Journal of Vocational Behavior, 51*(1), 58−69.

Scandura, T. A., & Ragins, B. R. (1993). The effects of sex and gender role orientation on mentorship in male-dominated occupations. *Journal of Vocational Behavior, 43*(3), 251−265.

Schippers, M. C., West, M. A., & Dawson, J. F. (2015). Team reflexivity and innovation: The moderating role of team context. *Journal of Management, 41*(3), 769−788.

Seeber, I., Bittner, E., Briggs, R. O., De Vreede, T., De Vreede, G. J., Elkins, A., ... Söllner, M. (2020). Machines as teammates: A research agenda on AI in team collaboration. *Information & Management, 57*(2), Article 103174. https://doi.org/10.1016/j.im.2019.103174

Seibert, S. E., Silver, S. R., & Randolph, W. A. (2004). Taking empowerment to the next level: A multiple-level model of empowerment, performance, and satisfaction. *Academy of Management Journal, 47*(3), 332−349.

Shehadeh, M. A., Schroeder, S., Richert, A., & Jeschke, S. (2017, October). Hybrid teams of industry 4.0: A work place considering robots as key players. In *2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)* (pp. 1208−1213). Piscataway, NJ: IEEE.

Snoeren, M. M., Raaijmakers, R., Niessen, T. J., & Abma, T. A. (2016). Mentoring with (in) care: A co-constructed auto-ethnography of mutual learning. *Journal of Organizational Behavior, 37*(1), 3−22.

van Emmerik, H., Baugh, S. G., & Euwema, M. C. (2005). Who wants to be a mentor? an examination of attitudinal, instrumental, and social motivational components. *Career Development International, 10*(4), 310−324.

Wanberg, C. R., Welsh, E. T., & Hezlett, S. A. (2003). Mentoring research: A review and dynamic process model. In J. J. Martocchio & G. R. Ferris (Eds.), *Research in personnel and human resources management* (Vol. 22, pp. 39–124). Elsevier Science Ltd.

West, M. A. (2000). Reflexivity, revolution and innovation in work teams. In M. Beyerlein, D. Johnson, & S. Beyerlein (Eds.), *Product development teams: Vol. 5: Advances in interdisciplinary studies of work teams* (pp. 1−29). Stamford, USA: Jai Press.

Wynne, K. T., & Lyons, J. B. (2018). An integrative model of autonomous agent teammate-likeness. *Theoretical Issues in Ergonomics Science, 19*(3), 353−374.

Xie, Y., Xue, W., Li, L., Wang, A., Chen, Y., Zheng, Q., ... Li, X. (2018). Leadership style and innovation atmosphere in enterprises: An empirical study. *Technological Forecasting and Social Change, 135*, 257−265.

Xu, X., Jiang, L., & Wang, H. J. (2019). How to build your team for innovation? A cross﹣level mediation model of team personality, team climate for innovation, creativity,

and job crafting. *Journal of Occupational and Organizational Psychology, 92*(4), 848−872.

Yang, J. (2005). Knowledge integration and innovation: Securing new product advantage in high technology industry. *The Journal of High Technology Management Research, 16*(1), 121−135.

Yukawa, J. (2006). Co-reflection in online learning: Collaborative critical thinking as narrative. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, 1*(2), 203−228.

Zhang, Y., Robinson, D. K., Porter, A. L., Zhu, D., Zhang, G., & Lu, J. (2016). Technology roadmapping for competitive technical intelligence. *Technological Forecasting and Social Change, 110*, 175−186.

Zhou, K. Z., & Li, C. B. (2012). How knowledge affects radical innovation: Knowledge base, market knowledge acquisition, and internal knowledge sharing. *Strategic Management Journal, 33*(9), 1090−1102.

Mentoring in intelligent manufacturing and its impacts on team dual innovation

GAO Zhonghua[1], XU Yan[2]

([1] *Institute of Industrial Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing* 100006, *China*)

([2] *School of Business Administration, Capital University of Economics and Business, Beijing* 100070, *China*)

Abstract: Intelligent manufacturing provides a direction for manufacturing enterprises to gain competitive advantage in the era of digital economy. Meanwhile, innovation becomes an important way for manufacturing enterprises to promote digital and intelligent transformation and then achieve high-quality development. However, in the extant management research on intelligent manufacturing and digital transformation, scholars mostly focus on macro-level topics, such as technology composition and business pattern, but seldom pay attention to the stimulation of innovation from the perspective of internal social relationship network. Accordingly, we aim to construct a new mentoring theory based on the context of intelligent manufacturing, which provides a new point for enterprises to stimulate team dual innovation from a micro perspective. Based on the team multi-process model, we explored the plausible mechanism that links mentoring in intelligent manufacturing to team incremental and radical innovation. Moreover, we discuss the possible boundary conditions of team dual innovation stimulation process in intelligent manufacturing based on the interpersonal process and the human-intelligent process respectively. Our research will not only provide theoretical guidance for human resource development and management in intelligent manufacturing, but also enrich the understanding of the innovation driving mechanism from the micro level.

Keywords: mentoring in intelligent manufacturing, team dual innovation, team process model